

**Climate change, cattle herd vulnerability and food insecurity:
Adaptation through livestock diversification in the Borana pastoral
system of Ethiopia**



Bekele Megersa Bati

UNIVERSITÄT HOHENHEIM

Faculty of Agricultural Sciences

Institute of Animal Production in the Tropics and Sub-tropics

Department of Animal Breeding and Husbandry

Professor Dr. Anne Valle Zárate

Climate change, cattle herd vulnerability and food insecurity: Adaptation through livestock diversification in the Borana pastoral system of Ethiopia

Dissertation

submitted in fulfilment of the requirements for the degree of “Doktor der Agrarwissenschaften” (Dr.sc.agr./PhD in Agricultural Sciences)

to the

Faculty of Agricultural Sciences at the University of Hohenheim

Presented by

Bekele Megersa Bati

Born in Adea Berga, Shewa, Ethiopia

Stuttgart-Hohenheim, July 2013

6 General summary

Climate change is one of the key environmental stressors in arid and semi-arid environments, causing changing precipitation patterns, extreme weather events and rising temperatures. Such changes negatively affect surface water availability, pasture productivity and the rangeland ecosystem. The resulting reduction in the carrying capacity and resilience of rangelands hamper the productivity of pastoral herds. In particular, heavy livestock losses associated with recurrent droughts pose serious threats to pastoral livelihoods and food security in southern Ethiopia. The sensitivity of pastoral livestock to climate change and variability varies considerably among animal species. Cattle are generally the livestock species most susceptible to water and nutritional stresses engendered by climate change, because they are strongly dependent on herbaceous pasture and frequent access to drinking water, which in turn are highly sensitive to variation in precipitation in dry Savannas. Thus, the traditional cattle based Borana livelihood systems are coming under increasing pressure, leading to livestock species diversification as an adaptation strategy. Nevertheless, there is still a lack of empirical studies showing to what extent climate change has impact on pastoral cattle production and household food security under rangeland conditions. Analyses that attempt to document trends in climatic variables and their influences on cattle herd dynamics, household food security and the efficacy of herders' adaptation strategies would thus deepen our understanding of the effects of climatic change and variability on the resilience of pastoral livelihoods. This study therefore aimed at investigating regional manifestations of climate change and variability, and their impacts on cattle production and household food security, as well as the role of livestock species diversification as a local adaptation strategy in the Borana pastoral system of southern Ethiopia.

The methodological approach involved the use of multiple methods and data sources, including questionnaire surveys, participatory discussions and meteorological records for the study region. Accordingly, a total of 242 households in Yabelo and Dire districts of the Borana area were surveyed between August 2011 and December 2011 to generate data on household socio-economic variables, household food security indicators, livestock production, livestock holdings, species

composition, functions and adaptability of different livestock species. The study also included herders' perceptions on climate change and its impacts, and household-level livestock mortalities due to the 2010/2011 drought. By the use of a local time calendar, cattle herd histories were reconstructed for a period spanning five major droughts (between 1980 and 2011) to depict patterns of cattle population dynamics relative to interannual rainfall variations. Additionally, data on individual dietary diversity were collected from 339 respondents at the beginning and the end of the short rainy season. Monthly average rainfall and temperature data for the study region, covering the years from 1970 to 2011, were obtained from the National Meteorology Agency of Ethiopia and Yabelo Research Center. Besides descriptive analyses and non-parametric tests, a range of statistical models were applied to different data sets using the SAS version 9.3 (SAS Institute 2012). These included general linear models, generalized linear mixed models, generalized additive models, ordered and binary logit models, and a proportional hazard regression model.

Analysis of the data on herders' perceptions showed that rainfall was perceived to become more unpredictable with lower amounts and shorter durations, while temperature and the frequency of droughts have increased. Similarly, cattle holdings and their productivity were perceived to show a downward trend, as well as milk consumption patterns, resulting in dietary changes. The perceived effects of climate changes on cattle herds were well corroborated by empirical evidence. The changes in herd size were significantly correlated with changes in rainfall. This suggests that the downward trend in cattle herd sizes reflected a similar underlying pattern in the interannual variation in rainfall. Seasonal rainfall patterns revealed that sequential failures of the short and long rains were often associated with droughts. The spectral density analysis of rainfall data revealed a quasi-periodic pattern in annual precipitation, suggesting drought recurrences roughly once in 4.2 dry years. The 2010/2011 drought caused massive cattle losses, with mortalities varying significantly by district, herd size and feed supplementation. In general, the analyses showed that climate change and variability are having impacts on cattle production, portending a precarious future for the sustainability of cattle pastoralism in southern Ethiopia.

Analysis of the data on food security showed a high prevalence of food insecurity (78%) and low dietary diversity, with the majority of households (81%) merely consuming one to three food groups. A large number of the respondents consumed no fruits, vegetables (93%) and meat (96%), suggesting a high risk of micronutrient deficiencies given the declining trend in milk intake. Livestock diversification was found to be a principal factor affecting household food security and individual dietary diversity. Those survey households keeping multiple species had significantly shorter food deficit periods, lower food insecurity scale values and a higher average livestock off-take than the non-diversified ones. Households with large herd sizes, farmland size and large family sizes, or households having off-farm income sources were also found to be relatively better-off compared to their counterparts.

Analysis of data on livestock species composition showed that all of the respondents were keeping cattle, while 94%, 85% and 40% kept goats, sheep and camels, respectively. Recurrent droughts, bush encroachment, increased cattle herd vulnerability, and thus the growing demand for adapted animal species, were the major drivers of livestock diversification. As major constraints to diversification, herders mentioned inadequate knowledge of camel husbandry and high initial stocking costs for herd establishment. The importance of livestock functions varied considerably among the species with milk production and cash revenues from live animal sales being generally of highest importance. Adaptability assessments on basis of nine adaptive traits showed that camels had the highest adaptive capacity, followed by goats, while cattle were the least adapted species. Species vulnerability to drought also reflected the adaptation patterns with cattle being the most vulnerable to drought followed by sheep, and camels being the most tolerant species. Accordingly, cattle suffered two to four times more mortalities during the 2010/2011 drought compared to sheep, goats and camels. Livestock diversification varied significantly with family size and per capita cattle holding, pointing to the influence of demographic and economic factors on adoptions.

The results of the present study show that climate change and its variability poses serious challenges to cattle production, with recurrent droughts causing enormous cattle mortalities and

worsening household food insecurity. The adaptation measure of herders through diversification of herd composition was found to alleviate food insecurity and reduce vulnerability to periodic climatic shocks. In order to further enhance herders' adaptive capacity, the implementation of adaptation strategies aiming at proactively reducing vulnerability to climatic risks and enhancing ex-post risk management capacity are vitally important. The adoption of early warning systems through improved delivery of weather forecast information, inducing early livestock off-take and timely feed resource mobilization, as well as the introduction of weather index insurance are among the measures recommended to enhance resilience to climate change. Livestock diversification and off-farm income were among the factors associated with improved food security, and deserve to be strengthened. Furthermore, diversity in herd composition, while undeniably providing complementary economic and ecological benefits, as well as a buffer against risks, appears to be the most pragmatic current strategy. Nevertheless, further research will be required to appropriately match livestock species diversity with the necessary inputs and the prevailing rangeland conditions such as landscape and vegetation suitability, carrying capacity, and ecological stability.

7 Zusammenfassung

Der Klimawandel zählt zu den hauptsächlichen Verursachern von Umweltstress in ariden und semi-ariden Gebieten in Form von veränderten Niederschlagsmustern, extremen Wetterereignissen und steigenden Temperaturen. Derartige Einflüsse verändern die Verfügbarkeit von Oberflächenwasser, beeinflussen die Produktivität von Weideland und das Grasslandökosystem. Die hierdurch entstehende Abnahme der Tragfähigkeit und Belastbarkeit der Weiden vermindern die Produktivität pastoraler Tierhaltung. Insbesondere hohe Tierverluste durch wiederkehrende Dürreperioden stellen eine ernste Bedrohung der pastoralen Lebensgrundlage und Ernährungssicherheit im südlichen Äthiopien dar. Die Sensibilität von Nutztieren gegenüber Klimavariabilität und Klimawandel unterscheidet sich beträchtlich zwischen verschiedenen Tierspezies. Rinder gelten im Allgemeinen als besonders anfällig für durch den Klimawandel herbeigeführte Wasserknappheit und Futtermangel, weil sie stark von Weidefutter und regelmässigem Zugang zu Trinkwasser abhängig sind, dessen Verfügbarkeiten in trockenen Savannengebieten wiederum durch grosse Niederschlagsschwankungen stark variieren. Daher gerät die traditionelle Viehhaltung als Lebensgrundlage der Borana unter zunehmenden Druck und führt zu einer Diversifizierung der Tierarten als Anpassungsstrategie. Nichtsdestotrotz gibt es nach wie vor einen Mangel an empirischen Studien, die aufzeigen, in welchem Ausmaß der Klimawandel die pastorale Tierhaltung und Ernährungssicherheit beeinflusst. Der Versuch den Einfluss von Klimavariablen auf die Herdendynamik, die Ernährungssicherheit einzelner Haushalte und die Wirksamkeit von Anpassungsstrategien der Tierhalter zu beschreiben, würde demnach zu einem besseren Verständnis über das Ausmaß der Klimaauswirkungen auf die Widerstandsfähigkeit der pastoralen Lebensweise beitragen. Die vorliegende Arbeit hatte daher zum Ziel, regionale Ausprägungen der Klimaveränderung und Variabilität und ihren Einfluß auf die Rinderproduktion und Ernährungssicherheit, sowie die Funktion der Diversifizierung der Tierarten als lokale Anpassungsstrategie im pastoralen System der Borana in Südäthiopien zu untersuchen.

Die methodische Vorgehensweise beinhaltete mehrere Methoden und Datenquellen, darunter Fragebogenerhebungen, partizipative Gruppendiskussionen und meteorologische Aufzeichnungen der Untersuchungsregion. Dementsprechend wurden in den Distrikten Yabelo und Dire insgesamt

242 Haushalte in den Monaten August bis Dezember 2011 befragt, um Daten zu sozioökonomischen Variablen, Indikatoren zur Ernährungssicherheit der Haushalte, Tierhaltung, Artenzusammensetzung, Funktionen und Anpassungsfähigkeit verschiedener Tierspezies zu sammeln. Die Studie erfasste ebenso die Sichtweise der Tierhalter in Bezug auf den Klimawandel und seine Einflüsse, sowie Daten zu Tierverlusten der einzelnen Haushalte während der extremen Dürre 2010/2011. Schwankungen in den Rinderbeständen wurden mittels eines lokalen Kalenders für eine fünf Dürreperioden umfassende Zeitspanne (zwischen 1980 und 2011) rekonstruiert, um Zusammenhänge zwischen der Herdendynamik und der Niederschlagsvariabilität schematisch darzustellen. Zusätzlich wurden zu Beginn und am Ende der kurzen Regenzeit Daten zur Ernährungsdiversität von 339 befragten Personen gesammelt. Die monatlichen Niederschlagsmengen und Durchschnittstemperaturen von 1970 bis 2011 in der Untersuchungsregion wurden von der äthiopischen Agentur für Meteorologie und des Forschungszentrums in Yabelo bezogen. Neben einer deskriptiven Analyse und nicht-parametrischen Tests sind eine Reihe statistischer Modelle für unterschiedliche Ausgangsdaten in SAS 9.3 (SAS Institute 2012) angewandt worden. Hierzu zählten allgemeine lineare Modelle, generalisierte lineare gemischte Modelle, generalisierte additive Modelle, Ordered Logit- und binäre Logitmodelle, sowie ein Proportional Hazards Regressionsmodell.

Die Auswertung der Daten zur Sichtweise der Tierhalter zeigte, dass Niederschläge als weniger vorhersehbar wahrgenommen wurden, bei gleichzeitig geringeren Niederschlagsmengen und kürzeren Regenzeiten, während die Temperaturen und die Häufigkeit von Dürreperioden zugenommen haben. In ähnlicher Weise wurde bei Tierzahlen und der Produktivität der Herden ein deutlich rückläufiger Trend bemerkt, wie auch beim Konsum von Milch mit entsprechenden Ernährungsumstellungen. Die beobachteten Klimafolgen für die Rinderherden liessen sich durch empirische Daten belegen. Veränderungen in den Herdengrößen waren signifikant mit Veränderungen in den Niederschlägen korreliert, was vermuten lässt, dass die rückläufige Entwicklung der Herdengrößen einem ähnlich zugrunde liegendem Muster folgte, wie die zwischenjährlichen Schwankungen der Niederschläge. Die saisonalen Niederschlagsverteilungen zeigten, dass das sequenzielle Ausbleiben der kurzen und langen Regenzeiten häufig in Zusammenhang mit Dürreperioden steht. Die Spektralanalyse der Niederschläge ließ ein quasi-

periodisches Muster in den jährlichen Niederschlägen erkennen, was auf wiederkehrende Dürreperioden etwa alle 4,2 trockenen Jahre hinweist. Die Dürre 2010/2011 führte zu massiven Verlusten bei Rindern mit signifikanten Unterschieden zwischen Distrikten, Herdengrößen und Futterergänzungen. Im Allgemeinen haben die Auswertungen gezeigt, dass sich Klimavariabilität und Klimawandel auf die Rinderhaltung auswirken und auf eine bedenkliche Zukunft des Pastoralismus in Südäthiopien hindeuten.

Die Ergebnisse zur Ernährung zeigten eine grosse Verbreitung von Ernährungsunsicherheit (78%) und eine geringe Ernährungsdiversität, wobei die Mahlzeiten eines Großteils der Haushalte lediglich auf ein bis drei Nahrungsgruppen basierten. Eine große Anzahl der Befragten konsumierte keine Früchte, Gemüse (93%) und Fleisch (96%), was das Risiko eines Mangels an Mikronährstoffen begünstigt, wenn man den gleichzeitigen Rückgang im Milchkonsum berücksichtigt. Die Diversifizierung der Tierarten war der wichtigste Einflussfaktor der Ernährungssicherheit der Haushalte und der individuellen Ernährungsdiversität. Diejenigen Haushalte mit verschiedenen Tierarten hatten signifikant kürzere Zeiträume mit Nahrungsmangel, geringere Nahrungsmittelunsicherheit und durchschnittlich höhere Entnahmeraten von Tieren als die nicht-diversifizierenden Haushalte. Haushalte mit grösseren Herden, mehr Fläche und grösseren Familien, oder auch Haushalte mit Nebenerwerbseinkommen befanden sich in durchschnittlich besseren Verhältnissen als ihre Kontrahenten.

In Bezug auf die Tierartenzusammensetzung hielten alle Befragten Rinder, sowie jeweils 94%, 85% und 40% der Haushalte Ziegen, Schafe und Kamele. Wiederkehrende Dürreperioden, Verbuschung der Weiden, sowie eine erhöhte Anfälligkeit der Rinderherden und der damit einhergehende wachsende Bedarf an angepassten Tierspezies waren die treibenden Kräfte der Diversifizierung der Tierarten. Als wichtigste Einschränkung einer Diversifizierung nannten die Tierhalter unzureichende Kenntnis der Kamelhaltung und hohe Erstinvestitionskosten für den Aufbau der Herden. Die Wichtigkeit der Tierfunktionen unterschied sich erheblich zwischen den einzelnen Spezies, wobei der Milchproduktion und Einnahmen aus Lebendtierversäufen insgesamt die höchste Bedeutung beigemessen wurde. Die Beurteilung der Anpassungsfähigkeit anhand von neun Adaptationsmerkmalen ergab, dass Kamele die grösste Anpassungsfähigkeit besitzen, gefolgt

von Ziegen, während Rinder die am wenigsten angepasste Tierart darstellten. Die Vulnerabilität der Tierarten gegenüber Dürren spiegelte das Adaptationsmuster wider, bei dem Rinder, gefolgt von Schafen, am stärksten verwundbar gegenüber Dürren waren, und Kamele die Tierart mit der grössten Toleranz darstellten. Dementsprechend erlitten Rinderherden im Vergleich zu Schafen, Ziegen und Kamelen zwei bis vier Mal höhere Mortalitäten während der extremen Dürre 2010/2011. Die Diversifizierung der Tierarten unterschied sich signifikant nach Familiengrösse und Rinderbesitz pro Kopf, was auf den Einfluss von demographischen und ökonomischen Faktoren hinweist.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass Klimavariabilität und Klimawandel eine grosse Herausforderung für die pastorale Rinderhaltung darstellen und wiederkehrende Dürren zu enormen Tierverlusten führen, wodurch sich die Ernährungssicherheit der Haushalte verschlechtert. Der Anpassungsmechanismus der Tierhalter durch Diversifizierung der Tiere in den Herden konnte die Ernährungsunsicherheit mildern und die Verwundbarkeit gegenüber klimatischen Schocks reduzieren. Um die Anpassungsfähigkeit von Tierhaltern zu erhöhen ist die Implementierung von Strategien zur zielgerichteten und vorausschauenden Reduktion der Vulnerabilität gegenüber Klimarisiken und die Lesitungsfähigkeit eines ex-post Risikomanagements äußerst wichtig. Die Einführung von Frühwarnsystemen durch eine verbesserte Überlieferung von Wettervorhersagedaten, die eine frühzeitige Verringerung der Herdengrössen und die rechtzeitige Bereitstellung von Futterressourcen induzieren, wie auch die Einführung von index-basierten Wetterversicherungen gehören zu den empfohlenen Maßnahmen, um die Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Klimawandel zu stärken. Die Diversifizierung der Tierarten und Nebenerwerbseinkommen gehörten zu den mit erhöhter Ernährungssicherheit assoziierten Faktoren und verdienen weitere Unterstützung. Weiterhin scheint die Diversität der Herden neben des offensichtlich komplementären ökonomischen und ökologischen Nutzen, sowie der Funktion eines Risikopuffers, die derzeitig pragmatischste Strategie darzustellen. Dennoch wird weitere Forschungsarbeit notwendig sein, um die Diversität der Tierspezies in geeigneter Weise den notwendigen Produktionsmitteln und den vorherrschenden Weidebedingungen, wie die Eignung von Landschaft und Vegetation, Tragfähigkeit und ökologische Stabilität, anzupassen.